

Guide Décisionnel pour les Particuliers

] LES GUIDES [

LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR LES PARTICULIERS

Quelle rentabilité ?

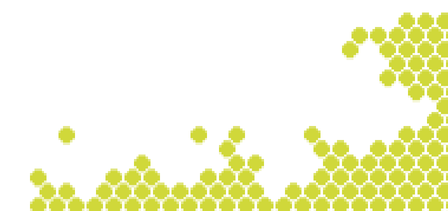
SOMMAIRE





Introduction

Après une flambée des installations en 2009-2010, la filière de l'électricité photovoltaïque a subi quelques remous... Le moratoire de trois mois (premier trimestre 2011) a finalement débouché sur un nouveau calcul des tarifs d'achats qui ne compromet pas la rentabilité des projets pertinents et bien calculés. Cette pause forcée a d'ailleurs vraisemblablement permis de renforcer la position des installateurs les plus sérieux. Néanmoins, un projet photovoltaïque reste une petite aventure et n'est pas sans écueils. Ce guide se propose de vous donner quelques clés pour prendre les bonnes décisions, affiner vos besoins et vos choix, et discuter (presque) d'égal à égal avec les installateurs. Vous y trouverez également des informations réglementaires et financières afin de dimensionner au mieux votre installation et vous assurer de la rentabilité économique de votre projet.





Un véritable projet

L'étude amont

Avant de se lancer, encore faut-il déterminer avec soin ses besoins et les confronter au champ des possibles (techniques et réglementaires).

Définir ses besoins

Il existe quatre types d'installations :

- **Site isolé :**

Ni les panneaux, ni le bâtiment ne sont connectés au réseau électrique. La production est soit consommée sur place, soit stockée dans des batteries. Ce type de montage permet d'électrifier un bâtiment très éloigné du réseau, mais impose une source alternative (groupe électrogène) en cas d'absence de soleil pendant plusieurs jours en hiver.



Refuge alpin en site isolé

- **Autoconsommation** :

Les panneaux alimentent un bâtiment lui-même connecté au réseau, avec ou sans batteries. Un système de bascule automatique permute sur le réseau électrique dès que la puissance produite est insuffisante (délestage de puissance), ou que les batteries sont vides (sélection de source). Cette solution n'injectant pas de courant sur le réseau, se contente d'une électronique simplifiée.

- **Autoconsommation avec revente de l'excédent de production :**

Dans ce cas, dès que la production excède la consommation, le surplus est vendu à un opérateur à un tarif spécial et avantageux (pour le moment), dit « tarif d'achat ». L'installation injecte donc régulièrement du courant vers le réseau. Le courant vendu devant être de bonne qualité, c'est-à-dire respecter des contraintes précises de tension et de régularité même en cas d'ensoleillement irrégulier, il convient d'installer un onduleur de bonne qualité. De plus, la présence d'un échange commercial oblige également à implanter un compteur d'injection pour mesurer avec certitude la quantité d'énergie vendue. Il existe des systèmes « intelligents » visant à maximiser l'autoconsommation, par exemple en chauffant l'eau chaude sanitaire à l'avance, en chargeant des batteries tampons…

- **Revente de la totalité de la production :**

C'est le modèle de loin le plus utilisé, car le tarif d'achat est encore largement supérieur au prix du kWh venant du réseau. Cette configuration nécessite deux branchements.

- le branchement « production », qui comporte deux compteurs d'énergie posés tête-bêche : un pour mesurer l'énergie vendue ; et un « compteur de non-consommation » permettant de contrôler l'absence d'autoconsommation.
- le branchement « consommation », qui utilise un compteur standard.

- **La location de toiture :**

Quelques entreprises se proposent de louer votre toit pour y installer des panneaux et vendre eux-mêmes l'électricité produite. Si cette solution a le mérite de simplifier à l'extrême la participation du propriétaire, elle est évidemment moins rémunératrice. Ajoutons que les toitures de grande surface et situées dans le sud de la France sont les plus recherchées…



Connaître sa consommation

Résidence principale, secondaire, bureaux, nombre de personnes, taux d'occupation, puissance des appareils… de multiples critères influencent la consommation d'électricité d'un bâtiment.

Pour les bâtiments existants, l'étude attentive de la facturation passée donne une idée relativement précise de la consommation à l'échelle du trimestre et parfois du mois.

Attention. La consommation annuelle agrégée est rarement d'un grand secours, car les variations au cours de l'année montrent souvent de grandes amplitudes. Il faut donc s'assurer que la saisonnalité de l'ensoleillement correspond à celle de la consommation.

Pour les bâtiments en projet, quelques outils de simulation sont proposés sur le web, notamment par EDF (http://bleuciel.edf.com/mes-projets/je-renove/promodul-740.html). Une démarche indispensable. A titre d'exemple, la consommation annuelle moyenne d'un foyer français de quatre personnes varie de 3 à 6 MWh selon la superficie de la maison, l'âge des enfants, la région, la catégorie socioprofessionnelle, etc. Certains estiment qu'un foyer économe pourrait vraisemblablement se contenter d'un seul MWh par an !

Connaître ses envies

Le type d'installation et son dimensionnement dépendent très étroitement des objectifs du porteur de projet.

Mettons de côté les sites isolés pour lesquels la démarche est évidente.

Certains rêvent de se désabonner d'EDF par défi. Les plus écolos se moquent de la rentabilité. D'autres visent un retour sur investissement rapide, quitte à y mettre le prix. Les plus raisonnables souhaitent alléger leur facture.
Les plus ambitieux la réduire à néant grâce à leur production excédentaire.

Etudier les contraintes naturelles

Bien sûr, les régions les plus ensoleillées assurent une meilleure production, mais d'autres critères déterminants entrent en jeu :

- **L'orientation des panneaux** : l'idéal est sans surprise de faire face au sud. Un écart de quelques dizaines de degrés est acceptable, mais au détriment du rendement qui chute rapidement avec l'incidence des rayons du soleil (70% à 45°, 50% à 30°).

- **L'inclinaison des panneaux :** la pente de toit idéale correspond tout simplement à la latitude du lieu (entre 41° au Sud et 51° au Nord). Comme pour l'orientation, un écart est acceptable dans une certaine mesure et aura une influence sur la saisonnalité des performances : un panneau plus vertical produira plus en hiver, et à l'inverse, un panneau moins incliné sera plus efficace en été. S'il est difficile de modifier l'inclinaison des panneaux placés sur une toiture existante, il est utile de l'étudier précisément pour les panneaux posés au sol ou les bâtiments neufs.

- **La saleté :** pour les mêmes raisons que précédemment, les cellules photovoltaïques produisent moins lorsqu'elles sont souillées. Feuilles mortes, poussières, guano, etc. sont à prendre en compte. Des panneaux sur un bâtiment proche d'une route très fréquentée, ou d'une usine particulièrement sale, devront être nettoyés plusieurs fois par an.

- **La surface disponible :** même si les rendements des cellules progressent d'année en année, il faut tout de même une surface non négligeable pour commencer à produire sérieusement et espérer rentabiliser l'opération. A étudier en fonction du projet. Notons au passage que certaines aides sont réservées aux installations de 3 kW crête maximum, ce qui représente une surface de 20 à 30 m2 à l'heure actuelle.



Si chacune de ces contraintes semble relativement simple à intégrer seule, leur conjonction plaide en la faveur d'**une étude d'ensoleillement menée par un spécialiste**. Les meilleures entreprises du secteur combinent des données géographiques, astronomiques, ainsi que des mesures in situ afin d'estimer au plus près le potentiel du site.

- **L'ombrage :** sans rentrer dans les détails techniques, rappelons que **l'ennemi numéro un du panneau photovoltaïque est l'ombre !** En effet, il suffit qu'une seule cellule d'un panneau soit privée de soleil pour que la production de la totalité du panneau s'écroule. L'effet est identique pour les groupes de panneaux montés en série : la production de la série est limitée par le module le moins productif. Il faut donc s'assurer qu'aucun arbre ou bâtiment aux alentours du site ne vienne masquer tout ou partie des panneaux, aussi bien l'hiver que l'été… sans oublier le bâtiment lui-même (cheminée, antenne,…).



Cette simple ombre peut, selon le type de montage, réduire à néant ou presque la production des panneaux.

Comment calculer soi-même la puissance effective selon l'orientation et l'inclinaison des panneaux ?

Il suffit d'appliquer à la puissance du dispositif (exprimé en Watts crête, Wc) le coefficient de correction approximatif du tableau ci dessous.

Exemple : Un panneau d'un m2, de 120 Wc, exposé plein sud, avec un angle de 60° produira : 120 x 0,91 = 109,2 W.

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES

ORIENTATION \ INCLINAISON	0°	30°	60°	90°
Est	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	0,93	0,90	0,78	0,55

: position à éviter si elle n'est pas imposée par une intégration architecturale

source Hespul

NB : ces chiffres n'incluent pas les possibles masques qui pourraient réduire la production annuelle.



Eléments réglementaires

Les démarches administratives peuvent être compliquées et surtout longues. L'idéal est d'en confier la tâche à l'installateur.

- L'autorisation d'installer

Pour les panneaux installés sur une toiture :

- Une Déclaration Préalable aux travaux (DP) est obligatoire pour les bâtiments existants (à effectuer à la mairie du lieu de l'installation).

- Pour les bâtiments neufs, les panneaux doivent être intégrés au Permis de Construire.

Pour les panneaux posés au sol :

- Si la puissance est inférieure à 3 kWc et la hauteur inférieure à 1m80 : aucune déclaration, ni demande ne sont nécessaires (sauf en secteur classé : déclaration préalable).

- Au-delà de 3 kWc, une simple Déclaration Préalable aux travaux (DP) est nécessaire.

Dans tous les cas, l'installation peut être refusée pour des motifs esthétiques dans les zones protégées (monument historique par exemple). Si votre installation est à proximité d'un site classé, la consultation du plan des servitudes, annexe du Plan d'Occupation des Sols (POS) ou du Plan Local d'Urbanisme (PLU), permet de connaître avec précision le périmètre protégé.

Délais : un mois pour l'instruction du dossier, un mois supplémentaire pour s'assurer qu'aucun recours n'a été déposé contre le projet.

- L'autorisation de connecter les panneaux au réseau

Elle ne concerne pas les installations en « site isolé », c'est-à-dire non connectées au réseau. En revanche, dès que le bâtiment est relié au réseau, même si la totalité de la production sera autoconsommée, une demande de raccordement est nécessaire.

La demande s'effectue auprès d'ERDF, plus précisément au service ARD (Agence Régionale de Distribution) de la région concernée (http://www.erdfdistribution.fr/Producteurs)

Cette procédure est plus ou moins longue en fonction de la puissance de l'installation. Pour une puissance apparente (toujours inférieure à la puissance crête, voir chapitre « un peu de technique ») inférieure à 6 KVA, elle est très rapide et peu onéreuse. Au-delà, la puissance n'étant pas négligeable au regard du réseau, des études et/ou des modifications techniques sur ce dernier peuvent être diligentées… à la charge du producteur (donc vous !).

La demande doit contenir :

- L'autorisation d'installation (déclaration préalable, permis de construire, certificat de non opposition…)

- Des informations techniques sur le matériel prévu.

- Et pour les grandes installations (supérieures à 9 kWc) : apporter la preuve des moyens financiers suffisants pour mener à bien l'opération.

Le raccordement n'est réalisé effectivement qu'après la délivrance d'une attestation de conformité visée par le Consuel (Comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité, organisme de contrôle accrédité).

Délais : pour les installations de moins de 3 KVA, la loi limite à 1 mois le délai d'obtention d'un devis de raccordement et à 2 mois le raccordement effectif à partir de la signature du contrat de raccordement.



- Le contrat d'achat de votre production

Il est conclu avec EDF à qui ERDF aura transmis votre dossier. Ce contrat court à partir de la date de demande de raccordement au réseau (qui détermine également le tarif d'achat) et pour une durée de 20 ans.

Un site web mis en place par EDF permet de suivre l'avancement du contrat et sa gestion : http://www.edf-oasolaire.fr/login.action

Les tarifs d'achats sont indiqués au chapitre « Eléments financiers »

- L'assurance obligatoire

La contraction d'une **assurance responsabilité civile** est indispensable et obligatoire, afin de vous couvrir contre d'éventuels sinistres causés à des biens ou des personnes : électrocution, chute d'un panneau… Elle peut être ajoutée gracieusement à la multirisque du bâtiment pour les petites installations. Attention, certains assureurs refusent purement et simplement d'assurer ce risque à ce jour, ouvrant la voie à des courtiers spécialisés qui ont déjà commencé à se positionner sur ce secteur.

D'autres risques peuvent être assurés de manière facultative :

• Les dommages aux panneaux et au système (incendie, bris de glace, inondation …) peuvent être intégrés dans la police d'assurance existante du bâtiment pour les petites installations. Les plus grands projets devant contracter une assurance spécifique (ou payer une surprime).

• La perte d'exploitation est proposée par quelques compagnies. Elle compense les revenus non perçus à la suite d'un sinistre ou d'une panne. Son prix dépend de la valeur de production assurée (entre 10 et 15 euros par an pour 1000 euros de production assurée)

Choisir son installateur

- les principaux risques

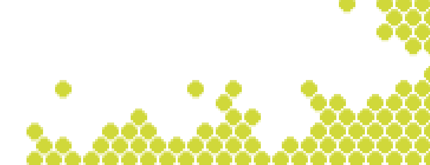
Loin de nous l'idée de refroidir les candidats à la production d'électricité verte, mais il existe certains écueils à éviter pour que le rêve ne tourne pas au cauchemar.

Il y a suffisamment d'installations en France pour que les tribunaux donnent une idée précise des principaux risques :

• **La majorité des contentieux concerne des problèmes classiques liés au bâtiment.** En tête arrivent les défauts d'étanchéité à l'eau et/ou à l'air des panneaux intégrés au bâti (posés en lieu et place de la couverture). Viennent ensuite les retards, abandons de chantier, vices cachés, défauts d'assurances, etc.

• **La production effective est parfois largement inférieure à la promesse**, et même de nature à empêcher la rentabilité du projet. Les deux causes les plus fréquentes en sont la **fourniture de panneaux défectueux ou de mauvaise qualité** (de plus en plus rare cependant), et la **détection imparfaite d'ombrages** qui empêchent le bon fonctionnement des panneaux.

• D'autres litiges, plus rares, concernent essentiellement des défauts d'information de la part des installateurs, conduisant à l'impossibilité d'utiliser l'installation (refus administratifs, recours de tiers…), ou la non éligibilité à des aides financières ou fiscales pourtant présentées comme acquises.





Source : home-pv.co.uk

- Autres critères à vérifier

Les installateurs sérieux proposent des services complets, et surtout en toute transparence. Demander à visiter une ou plusieurs installations similaires au projet ne doit pas poser de problème.

Voici également une liste (non exhaustive) des sujets à discuter avec chacun des installateurs pressentis :

- Réalise-t-il une étude d'ensoleillement en venant sur place ?
- S'occupe-t-il des démarches administratives et du raccordement ?
- Peut-il s'engager sur une production estimée ?
- Connaît-il les aides, subventions, et régimes fiscaux ? (Attention, s'il ne parle que de ça… fuyez ! Vous n'achetez pas de la défiscalisation)
- Les panneaux sont-ils aux normes ? (NF EN 61215, NF EN 61646)
- Quel est son métier de base (électricien, couvreur,…) ? Sous-traite-t-il ? A qui ?
- Est-il assuré ? Chez qui (demander l'attestation et vérifier) ? A-t-il des sinistres en cours ?
- Va-t-il s'occuper lui-même de la maintenance et du SAV ?
- Propose-t-il des travaux annexes utiles ? (isolation, tableau électrique…)
- Est-il labélisé ?



- Les labels d'installateurs



Le label Quali'PV :

Proposé par l'association Qualit'ENR, ce label comporte un module bâtiment (couverture) et un module électricité. Il certifie que l'installateur a suivi une formation (quelques jours), qu'il est audité régulièrement (contrôles sur site), qu'il est assuré, et qu'il a signé une charte de qualité (voir encadré). Les entreprises labélisées bénéficient d'une formation continue sur le sujet et d'une assistance technique. De plus, certaines aides sont réservées aux installations effectuées par des installateurs habilités. Bien sûr, cette qualification ne suffit pas à elle seule, mais elle constitue une bonne présomption de compétence et de qualité.

Plus d'informations sur : www.qualit-enr.org



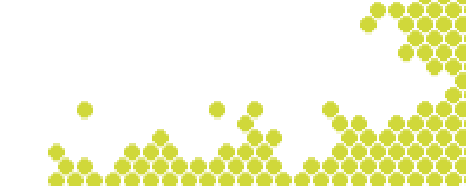
Le label Insoco (Installation Solaire Contrôlée) :

Ce label indépendant, créé à l'initiative du groupe allemand AS Solar, a la particularité d'inclure les fournisseurs de matériel et la satisfaction des clients dans sa démarche. Révocable à tout moment et doté d'une période probatoire, il se positionne comme une étape supplémentaire au label Quali'PV, dont l'obtention est indispensable pour accéder à la qualification. Enfin, Insoco propose une plate-forme informatique de gestion des projets et conditionne la reconduction du label à réalisation d'au moins dix installations par an.

La charte Quali'PV

Le professionnel titulaire de l'appellation s'est engagé à respecter les **10 points** de la charte qualité :

1. Posséder au sein de l'entreprise les compétences professionnelles nécessaires. Etre à jour de ses obligations sociales et fiscales et disposer des garanties légales des activités et travaux réalisés.
2. Préconiser le matériel conforme à la réglementation en vigueur (norme, avis technique ou marquage CE) et le plus adapté au besoin du client.
3. Assurer auprès du client un rôle de conseil, l'assister dans le choix des solutions les mieux adaptées à ses besoins.
4. Après visite, soumettre au client un devis descriptif écrit et complet de l'installation proposée.
5. Informer le client sur les démarches nécessaires à effectuer : déclarations préalables de travaux, octroi des aides publiques en vigueur, etc.
6. Réaliser l'installation commandée dans le respect des règles de l'art.
7. Régler et mettre en service l'installation. Remettre au client les notices techniques d'installation et d'utilisation de l'appareil.
8. Remettre au client une facture détaillée et complète de la prestation, ainsi que toute attestation nécessaire pour faire valoir ses droits aux aides et dispositifs fiscaux en vigueur.
9. En cas d'incidents de fonctionnement de l'installation, intervenir dans des délais rapides et procéder aux vérifications et remises en état nécessaires.
10. Favoriser toute opération de contrôle que Qualit'EnR souhaiterait effectuer sur les réalisations.





Engagements et critères d'éligibilité des **installateurs** Insoco :

• Avoir plus d'un an d'expérience dans le photovoltaïque
• Etre labélisé Quali'PV
• Suivre une formation à la qualité
• Etre assuré pour tous les produits fournis
• Employer du personnel qualifié et assurer sa formation continue
• Réaliser au moins 10 installations par an

Les **fournisseurs** doivent respecter les critères suivants :

• Proposer des formations pratiques aux installateurs
• Offrir un support technique en français et un service d'assistance sur site
• Accompagner les premiers chantiers d'installation de nouveaux systèmes
• Etre véritablement présent en France (y compris juridiquement)
• Etre certifié ISO 14001 et respecter les droits de l'homme et des enfants.
• Proposer du matériel recyclable et respectant les normes en vigueur les plus récentes.

Ce label étant non seulement très exigeant, mais aussi très récent (début 2011), il est probable qu'il concerne essentiellement les partenaires existants de son instigateur. Il nous semble néanmoins constituer un excellent gage de qualité.

Plus d'informations sur : www.insoco.fr



Le réseau Technosolar :

Ce groupe d'installateur spécialisés (au moins un tiers du chiffre d'affaires en photovoltaïque) exige de ses membres l'obtention du label Quali'PV et y ajoute :

• des formations régulières sur les nouveaux systèmes
• le travail en réseau des membres (entraide ponctuelle, gros chantiers partagés…)
• le respect d'une démarche éthique : sobriété énergétique, produits durables, respect du client, sécurité…

Plus d'informations sur : www.technosolar.fr



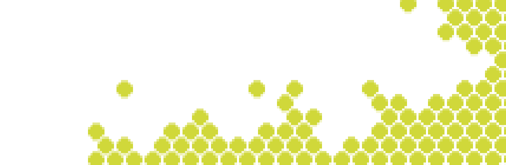
Le label Eco-Artisan :

Le label Eco-Artisan, initié par la CAPEB (fédération des artisans du bâtiment) et délivré par Qualibat par périodes de trois ans, certifie les compétences en rénovation énergétique d'artisans déjà installés, et dont le métier est lié à l'efficacité énergétique. Il n'est pas spécifique au photovoltaïque, mais permet de s'assurer que l'artisan ainsi labélisé :

• dispose de compétences en performance énergétique (examen)
• est bien assuré
• est l'objet d'audits périodiques
• respecte son devis et ses délais.

Même s'il n'est pas le plus contraignant, ce label regroupe généralement des artisans soucieux du travail bien fait. Il ne dispense pas de vérifier les installations déjà réalisées…

Plus d'informations sur : www.eco-artisan.net





Contrôle et suivi de l'installation

- Le contrôle de conformité

Ce contrôle est non seulement obligatoire avant la mise en service de l'installation, mais surtout fondamental car des panneaux photovoltaïques peuvent délivrer une tension de plusieurs centaines de volts ! Mieux vaut donc s'assurer que les règles de sécurité soient respectées. Ajoutons qu'une installation mal pensée ou mal réalisée peut conduire à une production amoindrie et donc nuire à l'équilibre financier du projet.

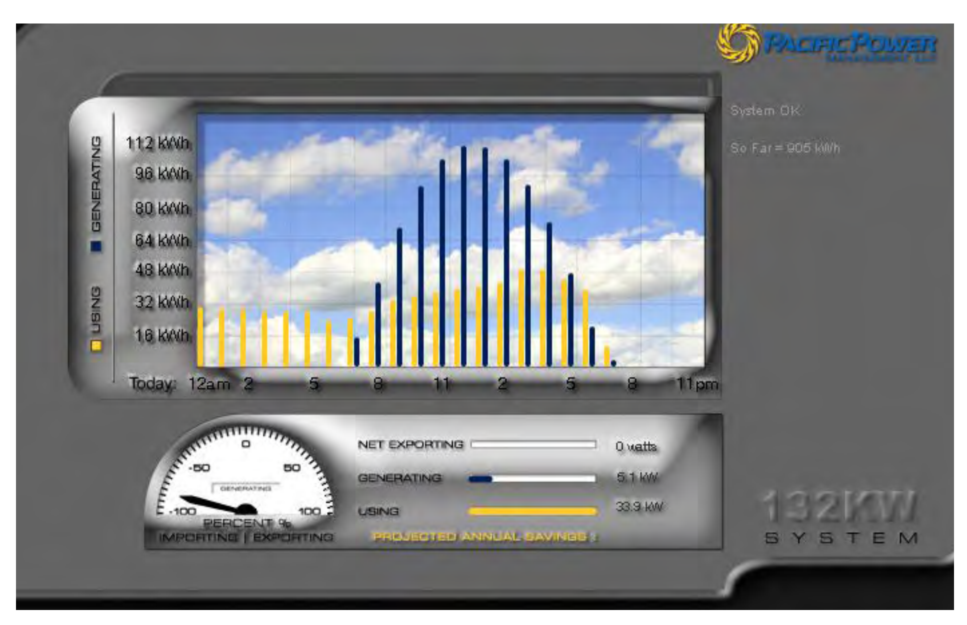


A la fin du chantier, l'installateur rédige en auto-contrôle une attestation de conformité qu'il faut adresser au Consuel (Comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité, organisme de contrôle accrédité) en l'accompagnant d'un dossier technique expliquant le détail de l'installation (schéma global et caractéristiques du matériel). En fonction de la puissance de l'installation et du dossier technique, le Consuel peut alors valider l'attestation de conformité directement ou procéder à une vérification sur site.

- Le suivi de production

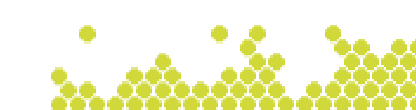
Contrairement à une éolienne par exemple, il est impossible de vérifier de visu le fonctionnement de panneaux photovoltaïques. **L'indicateur final de bonne santé du système est le volume de production d'électricité.** Votre installation devra donc comporter une interface de consultation de la production mensuelle (la production instantanée, quotidienne, hebdomadaire, annuelle, et cumulée sont également utiles). En comparant la production mensuelle avec le productible théorique du mois, disponible sur le site photovoltaique.info (rubrique outils/carte interactive de productible mensuel), il est alors possible de détecter une éventuelle défaillance. La comparaison de production avec des voisins équipés d'un dispositif similaire est également utile.

Certaines entreprises proposent un suivi à distance de la production, particulièrement indiqué pour les grandes installations. Enfin, les systèmes haut de gamme disposent d'outils de supervision et de contrôles du dispositif (voir chapitre suivant « Un peu de technique »).



Interface de suivi de production

Source : pacpower.biz





Un peu de technique

Rappels sur les unités de l'électricité

Volts (V)

Cette unité mesure la différence de potentiel, ou tension (notée « U »), entre deux points d'un circuit électrique. En plomberie, la tension correspondrait à la pression de l'eau.

Ampères (A)

Il s'agit de l'intensité (notée « I ») d'un courant électrique circulant, autrement dit la quantité d'électrons qui traverse un point du circuit en 1 seconde. En plomberie, l'intensité serait le débit d'eau dans le tuyau.

Amperes.heure (Ah)

Exprimé normalement en Coulomb, l'ampère. heure permet de mesurer la quantité d'électricité passant par un point d'un circuit électrique en une heure. En plomberie, on parlerait d'un volume d'eau.

Watt (W)

Le watt permet de mesurer la puissance (notée « P »). C'est-à-dire le produit de la tension par l'intensité (P = U x I). Reprenons notre analogie hydraulique : plus la pression sera forte, et plus la taille du tuyau sera importante, plus la « force » de l'eau, sa puissance, sera grande.

Watt crête (Wc)

Non, cela n'est pas un coton grec ! Le Watt crête est la puissance maximale atteignable par un système électrique donné, ici un panneau ou un ensemble de panneaux photovoltaïques. Cette caractéristique est mesurée par les fabricants des cellules dans des conditions « standards » (irradiation solaire de 1000 W/m2 ; température 25°c), ce qui permet de comparer les différentes technologies et/ou modèles de panneaux entre eux.

Watt heure (Wh)

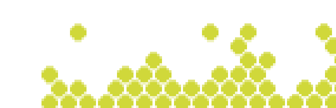
Il s'agit tout simplement de la puissance fournie par les panneaux en une heure de fonctionnement effectif. Cette mesure matérialise la quantité d'énergie vendue (ou achetée). Elle est donc naturellement à la base de la facturation. Le Watt heure étant une assez petite quantité d'énergie, on utilise souvent ses multiples : le KiloWatt heure (1 KWh = 1000 Wh) et le MégaWatt heure (1 MWh = 1000 KWh = 1 000 000 Wh).

La puissance apparente (VA)

Exprimée en VoltsAmperes (ou KiloVolts Ampère : KVA), elle mesure la puissance réellement injectée dans le réseau par l'installation. En effet, comme tout système, une installation photovoltaïque perd une partie de sa production dans son propre fonctionnement. Les électrons émis par les cellules photovoltaïques vont notamment parcourir des fils électriques (pertes par effet joule), puis être transformés en courant alternatif (pertes dans l'onduleur). Pour le gestionnaire du réseau électrique, cela n'est donc pas la puissance de vos panneaux qui compte, mais la « puissance apparente » effective de votre installation. C'est pourquoi un certain nombre de critères administratifs sont indiqués en KVA.

Le rendement (%)

Pour des modules photoélectriques, le rendement correspond à la part de l'énergie solaire frappant les cellules effectivement transformée en courant continu à la sortie des panneaux. En effet, une quantité non négligeable des photons constituant la lumière du soleil est perdue (notamment par réflexion et diffusion au niveau de la vitre du module). Aujourd'hui, la majorité des cellules du marché ne dépassent pas 20%, mais les chercheurs ont déjà dépassé les 35% en laboratoire et espèrent tangenter l'actuelle limite théorique établie à 50%.
Pour un onduleur, le rendement correspond à la part de courant continu effectivement transfor-





mée en courant alternatif. Le reste étant dissipé, notamment par effet joule, lors de la transformation.

Pour une installation complète, le rendement correspond à la part de l'énergie solaire frappant les cellules effectivement transformée en courant alternatif utilisable. Elle est globalement égale au produit du rendement des panneaux par celui de l'onduleur (auxquels il faut ajouter les pertes dans le câblage, les compteurs, etc.).

Configuration générale d'une installation

Une installation photovoltaïque est composée d'une chaîne de matériels électriques et électroniques. Le dispositif contient :

- des panneaux solaires produisant un courant continu
- un « contrôleur » regroupant les sorties de tous les panneaux
- un interrupteur de sécurité
- des câbles
- un onduleur transformant le courant continu en courant alternatif (le 220v-50Hz utilisé dans la maison)
- éventuellement un boitier d'information et de gestion du système.

Les autres éléments dépendent de la configuration :

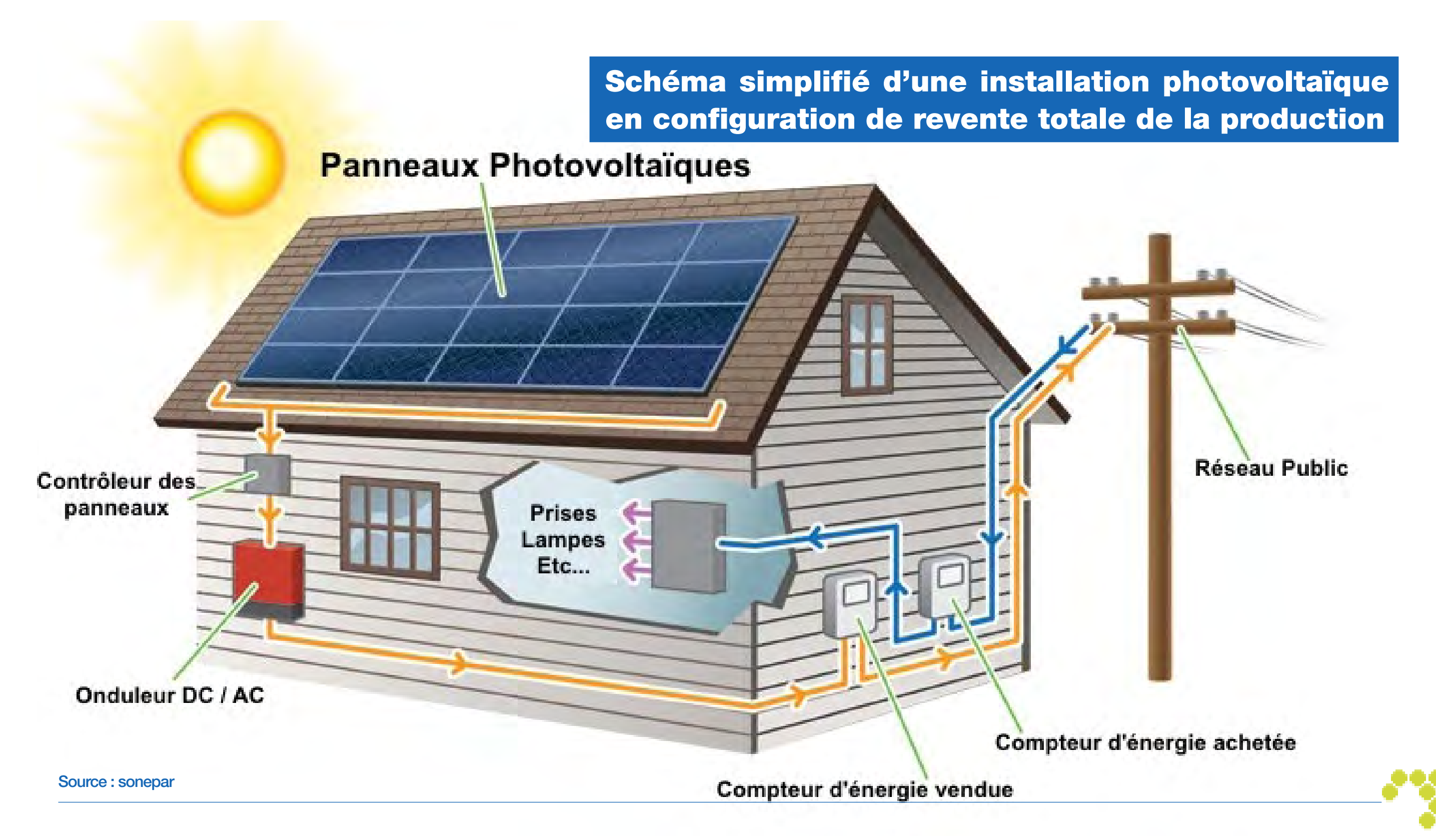
- Pour une installation isolée :

- des batteries
- éventuellement une sortie en courant continu pour utiliser directement des appareils fonctionnant en 12V
- une source d'électricité d'appoint (groupe électrogène)

- Pour une installation en autoconsommation

- un boîtier de délestage et de sélection de source pour s'approvisionner au réseau public si nécessaire
- éventuellement des batteries

Schéma simplifié d'une installation photovoltaïque en configuration de revente totale de la production



Source : sonepar



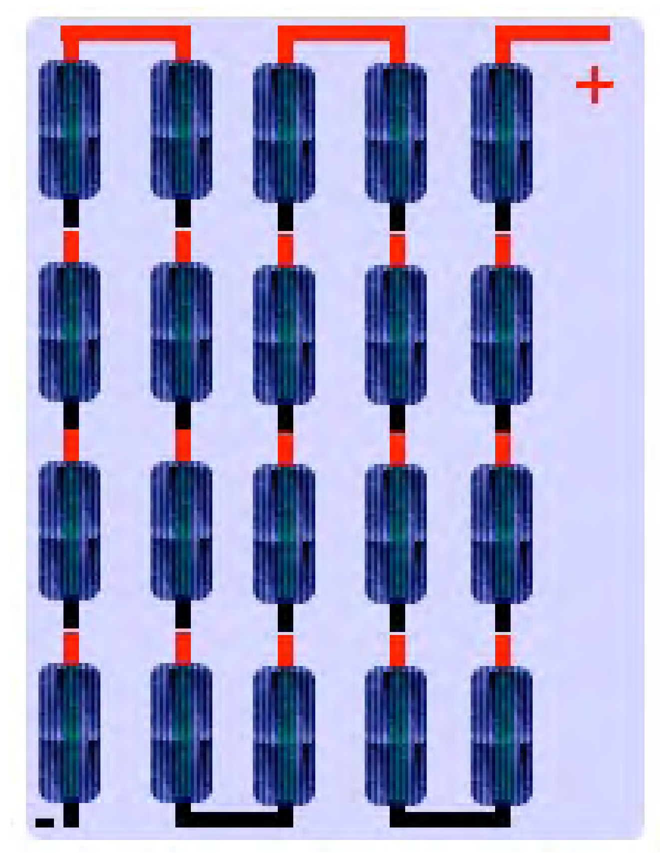
• Pour une installation en revente de l'excédent (ou « vente du surplus »)
- un compteur de production mesurant l'énergie injectée sur le réseau
- un compteur d'autoconsommation
- un boîtier de délestage et de sélection de source

• Pour une installation en revente totale (de loin la plus fréquente)
- un compteur de production mesurant l'énergie injectée sur le réseau
- un compteur de non consommation

Les éléments du système

Les cellules et les panneaux (ou modules)

Un panneau, ou module, est constitué de plusieurs dizaines de cellules photovoltaïques généralement montées en série, et délivrant un courant continu exclusivement. Les panneaux quant à eux, sont le plus souvent montés en série dans des rangées, elles-mêmes montées en parallèle.



Détail du montage en série des cellules dans un module
Source : diypowersupply.com

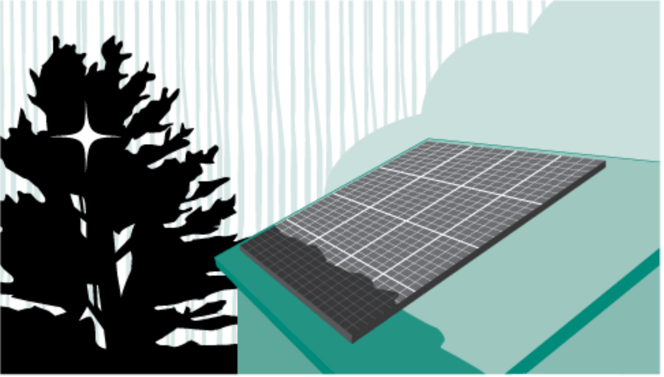


Exemple de montage des modules 3 rangs en parallèle de 5 modules en série.
Source : Photo netzerorenewableresources.com

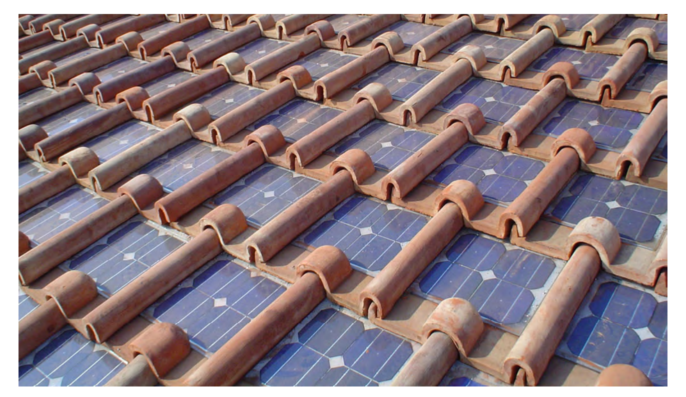


Le rôle du module consiste à protéger les cellules et leurs interconnexions, tout en permettant leur bonne ventilation car les performances diminuent avec l'augmentation de la température des cellules. Les panneaux « standards » produisent quelques centaines de watts sous une tension de 12 ou 24 V, et pour une surface approximative d'un mètre carré.

Le choix du montage dépend notamment des ombrages s'ils sont inévitables. Ici (dessin ci-dessous), un montage en parallèle de rangs en série limitera la perte à 25% (1/4 des rangs) pendant les périodes d'ombre. Un montage en parallèle de colonnes en série aboutirait à une production quasi nulle dès que l'ombrage se manifeste.



Notons qu'il existe également des cellules directement intégrées dans des ardoises ou des tuiles.



Source : iwillbegreen.com

Si tous les modules se ressemblent vus de l'extérieur, ils embarquent en réalité des cellules dont les technologies sont assez variées.

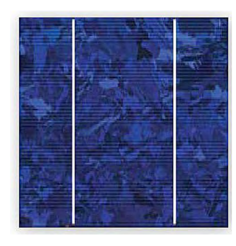
Aujourd'hui, la quasi totalité du marché est occupée par des **cellules classiques (1ere génération) à base de silicium** :



• **Les cellules au silicium monocristallin :** facilement reconnaissables à leurs coins « cassés » et leur aspect régulier. La technique de purification du silicium permettant d'obtenir des monocristaux nécessite une matière première d'excellente qualité et beaucoup d'énergie, d'où son coût élevé, compensé par son bon rendement (jusqu'à 20%).

AVANTAGES
• Bon rendement (adapté aux petites surfaces) **• Fiabilité**

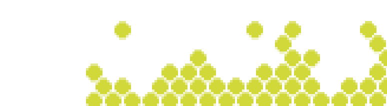
INCONVÉNIENTS
• Prix élevé



• **Les cellules au silicium polycristallin** : aux coins carrés et dont la surface est d'aspect plus minéral, offrent un bon rapport rendement/prix. La fabrication nécessite moins d'énergie et autorise l'utilisation d'un silicium moins pur, ce qui offre au final une cellule abordable, mais un peu moins performante que sa sœur monocristalline (15% de rendement au mieux).

AVANTAGES
• Assez bon rendement **• Moins cher que le monocristallin** **• Meilleur bilan carbone que le monocristallin** **• Fiabilité**

INCONVÉNIENTS
• Nécessite un peu plus de surface que le monocristallin à puissance égale.





La deuxième génération de cellules, encore peu présente sur le marché, est appelée « **couche mince** ». Il s'agit d'apposer une très fine couche (largement moins d'un millimètre) de matériau semi-conducteur sur un support inerte comme du verre ou même un substrat souple.

Plusieurs technologies se partagent ce marché en devenir :

- silicium amorphe (a-S)
- silicium microcristallin
- telluride de cadmium (CdTe)
- disélénium de cuivre indium (CIS, CIGS avec du Gallium)

Ces cellules ont pour point commun un faible coût de production (et moins d'énergie dépensée) assorti de rendements encore inférieurs aux cellules de première génération (12% maxi, pour le CIS). Les prix, déjà compétitifs, devraient baisser encore significativement dans les années à venir.

AVANTAGES
• **Très bon marché** • **Variété architecturale grâce aux supports souples** • **Bon bilan carbone**

INCONVÉNIENTS
• **Nécessite une grande surface** • **Rendement faible** • **Contiennent parfois des éléments toxiques** • **Produit jeune, tenue dans le temps inconnue**

Une **troisième génération de cellules** est en cours d'élaboration dans les laboratoires de recherche et vise à augmenter les rendements (autour de 40%) tout en maîtrisant les coûts. Il faudra malheureusement encore patienter plusieurs années avant de pouvoir installer ces cellules de haute technologie.



Installation de panneaux souples en couche mince

Source : civicsolar.com



L'onduleur

Cet appareil est aussi important que les modules. Il a pour rôle **de transformer le courant continu, variable selon la luminosité, en courant alternatif stable** pouvant être injecté sur le réseau ou utilisé dans le bâtiment. L'onduleur est souvent le maillon faible d'une installation, car il supporte mal les montées en températures. Il doit donc être placé dans un local frais. Il est également recommandé de préférer un modèle équipé d'un radiateur passif au lieu d'un ventilateur (qui peut tomber en panne, et grève légèrement le rendement). Si les meilleures marques prétendent atteindre des durées de vie proches de 20 ans, les installateurs conseillent un remplacement au bout d'une dizaine d'années car le rendement d'un onduleur diminue avec le temps. A intégrer donc à votre calcul de retour sur investissement. Notons qu'il existe des assurances prenant en charge le remplacement de l'onduleur en cas de panne et qu'il est généralement possible de souscrire une extension de garantie.

Quelques entreprises commencent à proposer des **micro-onduleurs suffisamment petits pour êtres intégrés directement dans chaque module**, qui produisent ainsi directement du courant alternatif. Cette technologie encore peu exploitée offre de nombreux avantages :

- la possibilité de mélanger différents types de modules (contraintes architecturales, extension d'une installation)
- la limitation des pertes de production en cas de panne d'un module ou d'ombrage partiel des panneaux.
- l'absence d'un onduleur général au profit de plusieurs micro-onduleurs : répartition des risques de panne, meilleure durée de vie…
- un suivi de la production module par module
- l'élimination des risques liés à la manipulation de courants continus de forte intensité.



Onduleur à radiateur
Source : Solectria

Le câblage

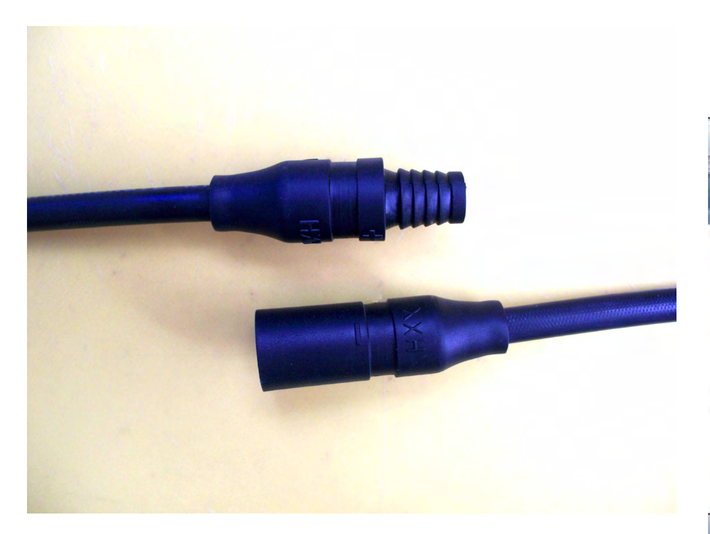
L'installateur doit porter une attention particulière au câblage et aux connexions car ils peuvent être source de **pertes de rendement**, voire **de risques de sécurité**.

La section des câbles doit être bien calculée afin de limiter les pertes en ligne (maximum 3% pour l'ensemble des câbles). Elle dépend notamment de la disposition des modules : plus le nombre de panneaux en série est élevé, plus la tension et la section des câbles augmentent, et plus les pertes diminuent. En revanche, dans un dispositif en série, la puissance produite est bridée par celle du module le moins productif. En clair, si un seul panneau est à l'ombre, tous les autres ne produisent plus rien non plus.
Les connexions doivent être parfaites afin d'éviter les fuites de courant, et surtout des arcs électriques pouvant provoquer un incendie. Il existe d'ailleurs des systèmes pré-câblés munis de connecteurs totalement étanches qui limitent ces risques.

L'ajout d'un parafoudre est recommandé afin de protéger l'installation et plus particulièrement l'onduleur. Ce parafoudre doit être accompagné d'un déconnecteur afin de permettre sa maintenance en toute sécurité.



Enfin, le danger d'électrocution est réel. Pour les techniciens bien sûr, mais aussi pour les pompiers en cas d'incendie. Normalement, les installations conformes aux normes en vigueur limitent ces risques et comportent des interrupteurs de sécurité. Il nous paraît cependant extrêmement risqué de faire effectuer une opération de maintenance ou une réparation par une personne non qualifiée.



Connecteurs étanches
Source : hongxinxu.cn

Les interfaces de gestion du système

La plupart des installations se contente d'un compteur d'énergie qui permet non seulement de connaître (et de facturer !) sa production, mais aussi de vérifier à tout moment que le système produit bien « quelque chose ». Si ce compteur est évidemment indispensable, il est également insuffisant pour gérer au mieux le rendement et la productivité de son installation. Il est ainsi tout à fait pertinent, voire recommandé pour les grands projets, d'acquérir un système de supervision et de contrôle offrant une ou plusieurs des fonctionnalités suivantes :

- Mesure de la puissance instantanée des panneaux
- Mesure de la puissance instantanée de chaque module
- Mesure cumulée de la production selon plusieurs échelles de temps (heure, journée, semaine, mois, année, cumul total)
- Détection, localisation et alerte de pannes
- Alertes de risques ou d'état anormal (température élevée, ombrage inhabituel…)
- Alertes de maintenance
- Contrôle à distance (pour une résidence secondaire et/ou le SAV)
- Interface web et/ou Smartphone.



Nouveau type d'interface sur iPhone
Source : cnetfrance.fr





Les batteries

Pratiquement indispensables pour les sites isolés, les batteries compliquent sérieusement la rentabilité de l'installation.

Le critère de choix est la capacité de stockage d'énergie de la batterie.
En toute rigueur, cette capacité se mesure en ampères-heure. Cependant il est souvent plus facile de l'exprimer sous forme de puissance produite en une heure par ses panneaux, donc en kWh. Une batterie capable de stocker 3000 Wh (soit 3 kWh) pourra ainsi conserver l'équivalent d'une heure de plein soleil d'une installation de 3 kWc.



Batteries spécifiques au photovoltaïque
Source : cleantechrepublic.com

Compter 150 € HT par kWh pour des batteries au plomb, le double pour des NiCad. Leur durée de vie oscille entre 10 et 15 ans pour les modèles au plomb et 20 à 25 ans pour les plus modernes.



Un peu de physique.

Souvenez-vous que P=UI ! Pour déterminer la possibilité de stockage d'une batterie en kWh, on multiplie sa tension (12v-24v,...) par sa capacité en ampères-heure (100 ah par exemple). Ainsi, une batterie de 24v dont la capacité nominale est de 150 ah permet de stocker 150 x 24 = 3600 Wh = 3,6 kWh= 3h36' de production d'une installation d'un kW.





Eléments financiers

Le prix d'une installation

• **Panneaux :** entre 3 et 6 € HT par Wc (Watt crête), soit 9000 € à 18000 € pour une installation « typique » de 3 kWc.
• **Onduleur (et matériels annexes) :** de 0,5 € à 1 € HT par Wc, soit 1500 à 3000 € pour une installation de 3kWc.
• **Pose :** à partir de 2000 € HT, suivi administratif inclus. Variable selon les contraintes techniques (intégration à la toiture, pose au sol…) et la surface de panneaux.
• **Raccordement au réseau :** entre 1000 et 1500 € HT pour les raccordements standards d'installation de faible puissance (inférieure à 36 KVA) ; au-delà le coût dépend des travaux à effectuer sur le réseau et peut être très élevé (jusqu'à compromettre l'équilibre financier du projet).
• **Démarches administratives :** quelques centaines d'euros
• **Assurance Responsabilité Civile obligatoire :** de gratuite (intégrée à l'assurance multirisque du bâtiment) à quelques centaines d'euros par an.
• **Maintenance :** remplacement de l'onduleur tous les 10 ans, nettoyage régulier des panneaux.

Ces prix sont donnés à titre indicatif et dépendent des évolutions technologiques, des conditions particulières de l'installation, et de la puissance installée.

Financer son installation

Attention, ces informations sont indicatives. Les dispositifs d'aides publiques peuvent avoir évolué depuis la rédaction de ce guide. Seules les aides principales sont traitées.

La fiscalité

- La TVA à 5,5% :

Elle est applicable aux installations photovoltaïques, **pour la fourniture et la main d'œuvre** aux conditions suivantes :
• Maison ou bâtiment achevé depuis plus de deux ans.
• Travaux commandés par le propriétaire, ou l'occupant des lieux
• Réalisés par une entreprise du bâtiment
• Avec des matériels répondant aux normes en vigueur
• Puissance de l'installation inférieure ou égale à 3 kWc
• Vente de l'excédent ou de la totalité de la production (sites isolés ou autoconsommation exclus)

Cette réduction de TVA correspond à une réduction du prix TTC d'environ 12%.

- Le crédit d'impôt :

Le crédit d'impôt concerne **uniquement le matériel** (la pose devant impérativement être effectuée par une entreprise ou un artisan).

Depuis le 01 janvier 2011, **le taux appliqué est de 22%.**

Le montant des équipements pris en compte est plafonné à :
• 8000 € pour une personne célibataire, veuve ou divorcée, + 400 € par personne à charge,
• 16 000 € pour un couple marié ou lié par un PACS soumis à imposition commune + 400 € par personne à charge.



De plus, les éventuelles aides à **l'achat de matériel** obtenues par ailleurs (conseil régional, conseil général, Anah…) doivent être déduites du montant des travaux avant le calcul du crédit d'impôt. En revanche, les éventuelles aides à **l'installation** du matériel n'ont pas à être déduites.

Sont exclues du crédit d'impôts, les installations dont la production totale annuelle dépasse le double de la consommation du foyer. Par dérogation, toutes les installations de moins de 3 kWc sont éligibles.

Enfin, les systèmes utilisés doivent répondre aux normes en vigueur (NF-CEI 61215 ou NF-CEI 61646, selon la technologie des panneaux).

- L'exonération d'impôt sur les revenus générés par l'installation :

Les revenus des installations de moins de 3 kWc ne sont pas soumis à l'impôt, ni à la CSG-CRDS, dans la limite de deux postes de productions par foyer fiscal (exemple : résidence principale et secondaire).

Au-delà de 3 kWc, les particuliers sont considérés comme des producteurs professionnels. Ils doivent donc opter pour un statut adapté à leur situation et à leur projet (auto-entrepreneur, micro-entreprise, Sarl….).

Ces projets sont également soumis à la CET (Contribution Economique Territoriale, ex taxe professionnelle) et aux charges sociales.

- L'exonération de taxe foncière :

Certaines communes proposent une exonération de la taxe foncière pour les bâtiments supportant des panneaux photovoltaïques. Voir les conditions auprès de la mairie le cas échéant.

Les subventions

- ANAH (Agence Nationale de l'Habitat) :



Dans certaines conditions, trop complexes à exposer ici, l'Anah octroie des aides à l'installation de panneaux photovoltaïques. Consulter le « Guide des aides » sur le site www.anah.fr

- Aides locales :

Les conseils généraux, les conseils régionaux, les intercommunalités, et divers organismes locaux proposent parfois des subventions. Ces aides sont généralement répertoriées dans les « espaces info-énergie » locaux.
Exemple : le Conseil régional de Basse-Normandie offre, sous conditions, un chèque énergie de 700 €.

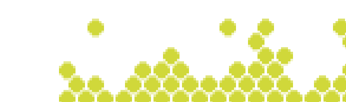
Les tarifs d'achat de votre production

En théorie, il est possible de vendre sa production à n'importe quel opérateur ; en pratique, dans la quasi-totalité des cas, l'électricité produite est achetée par EDF.

Le contrat avec EDF est conclu :

- pour une durée de **20 ans**
- à un tarif d'achat **garanti pendant toute la durée du contrat**
- en fonction de la **configuration de l'installation** (voir tableau page suivante).

La production achetée à ce tarif est cependant **plafonnée à 1500 heures** de pleine production par an en France métropolitaine (1800 heures hors métropole), au-delà, **le surplus n'est acheté que 5c€/hWh**. Ces tarifs sont **réévalués chaque année** en fonction du coût de la vie (indices Insee).





Ainsi, par exemple, une installation de 3 kWc ne vendra au prix fort que 3 x 1500 = 4500 kWh, le reste étant acheté au tarif de surplus.

Chaque trimestre, **les prix d'achat pour les nouveaux contrats sont revus à la baisse** en fonction du rapprochement du parc installé avec les objectifs fixés par le gouvernement (500 MWc par an). Cette baisse, par définition inconnue à l'avance, pourra théoriquement atteindre 30% par an (9,5% par trimestre). Les juristes à tendance « matheuse » peuvent décortiquer le texte officiel ici (bon courage…): http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=?cidTexte=JORFTEXT000023661449&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id

Les différents tarifs d'achat

Type d'installation		Tarif d'achat initial
Intégration au bâti[1]	[0-9 kWc]	46 c€/kWh
	[9-36 kWc]	40,25 c€/kWh
Intégration simplifiée[2] au bâti	[0-36 kWc]	30,35 c€/kWh
	[36-100 kWc]	28,83 c€/kWh

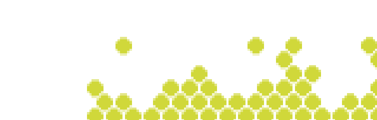
Source : Ministère de l'écologie et du développement durable

[1] **Une installation photovoltaïque sur toiture respecte les critères d'intégration au bâti** si elle remplit toutes les conditions suivantes :

- Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment clos (sur toutes les faces latérales) et couvert, assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités.
- Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité. Après installation, le démontage du module photovoltaïque ou du film photovoltaïque ne peut se faire sans nuire à la fonction d'étanchéité assurée par le système photovoltaïque ou rendre le bâtiment impropre à l'usage.
- Pour les systèmes photovoltaïques composés de modules rigides, les modules constituent l'élément principal d'étanchéité du système.
- Pour les systèmes photovoltaïques composés de films souples, l'assemblage est effectué en usine ou sur site. L'assemblage sur site est effectué dans le cadre d'un contrat de travaux unique ;

[2] **Une installation photovoltaïque sur toiture respecte les critères d'intégration simplifiée au bâti** si elle remplit toutes les conditions suivantes :

- Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. Il est parallèle au plan de ladite toiture.
- Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité.





Panneaux intégrés au bâti

Source : ecobuild.co.uk



Panneaux non intégrés au bâti

Source : solar-calculator.org





La révision trimestrielle des tarifs

A partir du 1er juillet 2011, les tarifs seront révisés chaque trimestre en fonction du nombre de projets déposés le trimestre précédent. Cette révision sera effectuée indépendamment, d'une part pour les projets résidentiels, et d'autre part pour les projets non résidentiels de moins de 100 kW (1000 m² de panneaux environ).

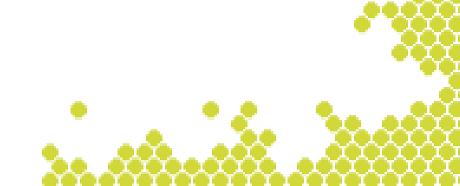
Si le nombre de projets déposés est conforme à la trajectoire de 25 MW/trimestre (250 millions de m² de panneaux), la baisse des tarifs d'achat sera de 2,6% soit 10% en base annuelle. Cette baisse correspond à la baisse prévue des coûts de fabrication des panneaux photovoltaïques et permet ainsi de conserver un niveau de rentabilité suffisant pour déclencher les investissements et atteindre l'objectif annuel de 500 MW fixé par le gouvernement en rythme de croisière.

Si le nombre de projets déposés durant un trimestre n'est pas conforme à la trajectoire-cible de 25 MW/trimestre, la baisse des tarifs d'achat sera accentuée ou diminuée dans l'objectif de ramener le rythme de développement de nouveaux projets à 25 MW au trimestre suivant. Le tableau indique la sensibilité de cet ajustement en fonction de l'écart par rapport à la cible trimestrielle.

Écart par rapport à la cible trimestrielle	Coefficient de modulation
Inférieur à 2 MW	1
Entre 2 et 10 MW	0,8 à 1,3
Entre 10 et 20 MW	0,6 à 1,7
Entre 20 et 25 MW	0 à 2,3
Au-delà de 25 MW	0 à 3,7

Source : Ministère de l'écologie et du développement durable

Les coefficients ont été arrondis à une décimale par souci de lecture : seule la formule figurant dans l'arrêté fait foi. Un coefficient inférieur à 1 indique que le rythme de déploiement des panneaux est inférieur à la cible fixée par le gouvernement, un coefficient supérieur à 1 indique que le rythme est supérieur.





Témoignage

Fin 2009, Monsieur Terrioux a fait installer une quinzaine de panneaux photovoltaïques sur le toit de son garage, en Normandie. Au-delà de son intérêt personnel pour la technologie, il voulait à la fois réaliser un investissement financier, et agir personnellement sur le plan écologique. Il revient sur son expérience et nous donne quelques conseils.

GreenVivo : Comment avez-vous sélectionné votre prestataire ?

M. Terrioux : J'avais déjà été sollicité régulièrement par des vendeurs au téléphone. Mais je me suis mis en quête du meilleur couple installateur/matériel dans ma région. J'ai reçu une poignée d'entreprises, dont certaines étaient clairement peu honnêtes ou incompétentes, puis j'ai rencontré un électricien très sérieux (ndlr : Synelios, un éco-artisan local) qui m'a convaincu, car il connaissait bien son métier et n'occultait aucun des risques. Il a procédé à une étude d'ombrage et m'a proposé un projet raisonnable pour un investissement qui me convenait.

C'est à dire ? Quelle est la taille de votre installation ?

Le devis total s'élevait à 22 000 euros, desquels il faut enlever 8 400 euros de crédit d'impôt et 700 euros de subvention du Conseil régional. J'ai donc investi environ 13 000 euros pour 2 850 watts exactement, répartis en 15 panneaux intégrés à la toiture. L'investissement aurait pu être plus faible, car nous avons choisi des panneaux allemands de bonne qualité et deux onduleurs suisses.

Pourquoi deux onduleurs ?

La partie droite du toit souffre d'un ombrage à certains moments de la journée. Il fallait donc isoler la colonne de cinq panneaux les plus à droite, afin qu'ils ne pénalisent pas le reste de l'installation.

Comment se sont déroulés les travaux ?

Très bien. Mon installateur travaille avec un couvreur qui s'est spécialisé dans l'intégration des panneaux solaires. En quatre jours, tout était installé et fonctionnel. Et l'électricité n'a été coupée qu'une heure ! En revanche, la partie administrative est plutôt longue et pénible. L'installateur nous a aidé pour les démarches, mais il tenait à ce que nous les connaissions parfaitement. Au final, entre la décision de se lancer et la production de mon premier watt heure, cinq mois se sont écoulés.

Comment suivez-vous votre production ?

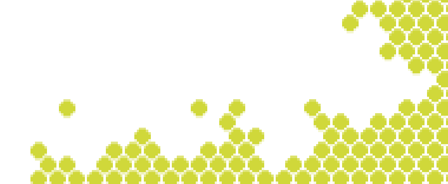
Les onduleurs sont tout simplement reliés à mon réseau informatique, et j'ai téléchargé un logiciel de gestion et de suivi sur le site du fabricant. Je consulte donc sur mon ordinateur l'état instantané du système et le cumul de production selon différentes échelles de temps. C'est très complet. J'ai ainsi pu constater qu'un simple voile de nuages, lors d'une journée qui semble pourtant très ensoleillée, a un réel impact sur la production. La température des modules compte aussi : plus il fait chaud, moins le rendement est bon. L'installateur doit donc prendre en compte les besoins de ventilation des panneaux lors de la pose.

Après plus de 18 mois d'exploitation, quel bilan tirez-vous ?

Techniquement, tout fonctionne parfaitement. Economiquement, j'ai facturé 1 600 euros à EDF la première année. Ce qui, combiné avec les prévisions de cette année, me laisse entrevoir un retour sur investissement de 8 à 9 ans. C'est d'ailleurs meilleur que ce que mon installateur, toujours prudent, m'avait indiqué.

Quels conseils donneriez-vous à un particulier sur le point de se lancer ?

D'abord de choisir un installateur local. Ensuite, de vérifier ses compétences techniques, si besoin en se faisant assister d'un ami comprenant bien la technique. Et enfin, d'acheter du matériel de bonne qualité, européen, quitte à investir un peu plus…





Liens utiles

- Ademe : www.ademe.fr
- Agence Nationale de l'Habitat (Anah) : www.anah.fr
- Ministère du développement durable : http://www.developpement-durable.gouv.fr/Quel-est-le-nouveau-dispositif-de.html
- Espace éco-citoyen : http://www.ecocitoyens.ademe.fr/mon-habitation/construire/produire-son-electricite
- Photovoltaique Info : http://www.photovoltaique.info/

